

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

YASHIRO et al  
December 4, 2003  
BSKB, LLP  
103-205-8000  
0451-0128P  
lot 1

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2002年12月 5日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2002-353937

[ST.10/C]:

[JP2002-353937]

出 願 人  
Applicant(s):

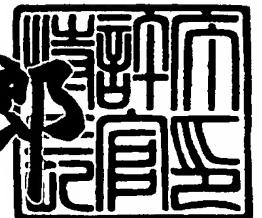
シャープ株式会社



2003年 6月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3047249

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J03262

【提出日】 平成14年12月 5日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 27/00  
G01R 1/07

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株  
式会社内

【氏名】 八代 有史

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株  
式会社内

【氏名】 高尾 克俊

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100075502

【弁理士】

【氏名又は名称】 倉内 義朗

【電話番号】 06-6364-8128

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009092

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 静電容量測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 導電性探針にて表面検出を行う走査型容量顕微鏡を用いて、半導体表面の静電容量を測定する方法であって、表面処理により半導体試料に清浄表面を形成した後、直ちに、半導体試料を超高真空雰囲気下または不活性ガス雰囲気下に保持し、この状態で、絶縁膜が表面に形成された導電性探針を用いて、半導体試料表面の静電容量を超高真空雰囲気下または不活性ガス雰囲気下で測定することを特徴とする静電容量測定方法。

【請求項 2】 前記導電性探針の絶縁膜が絶縁性ダイヤモンドの蒸着膜であることを特徴とする請求項 1 記載の静電容量測定方法。

【請求項 3】 前記導電性探針の絶縁膜が DLC の蒸着膜であることを特徴とする請求項 1 記載の静電容量測定方法。

【請求項 4】 前記導電性探針の絶縁膜がアルミナの蒸着膜であることを特徴とする請求項 1 記載の静電容量測定方法。

【請求項 5】 前記導電性探針の絶縁膜が酸化ジルコニウムの蒸着膜であることを特徴とする請求項 1 記載の静電容量測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、走査型容量顕微鏡を用いて半導体表面の静電容量を測定する静電容量測定方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体試料表面等の微小な領域での評価に有効な測定装置として、走査トンネル顕微鏡、原子間力顕微鏡を代表とする走査プローブ顕微鏡がある。

【0003】

原子間力顕微鏡は、試料表面の原子とカンチレバー先端の探針との間に働く原子間力を検出することにより、試料表面の凹凸情報を知ることができるようにし

た装置であり、半導体試料表面の微小な領域での情報を得るのに有効な解析装置である（例えば、特許文献1参照。）。

【0004】

原子間力顕微鏡で検出するパラメータである原子間力は、カンチレバーの撓みを光学的に検出することによって求められる。そして、カンチレバーの撓みと原子間力が比例することから、カンチレバーの撓みによって原子間力を測定し、これを2次元画像化することにより、表面凹凸等の情報を得ることができる。

【0005】

原子間力顕微鏡の応用手法の一つとして走査型容量顕微鏡（SCM: Scanning Capacitance Microscopy）がある。走査型容量顕微鏡は、半導体表面の不純物キャリアーの2次元プロファイルを測定することが可能な装置で、各種デバイスの開発に非常に有効な解析装置である。

【0006】

走査型容量顕微鏡は、例えば図2に示すように、導電性探針101、圧電素子を用いた移動ステージ102、及び、容量測定装置103などを備えており、導電性探針101を試料Sに接触させた状態で、試料Sと導電性探針101との間に交流バイアス電圧を印加し、試料Sと導電性探針101との間の静電容量を容量測定装置103によって測定するとともに、試料Sを移動ステージ102にて2次元的に移動させることによって試料S表面の静電容量の分布を測定する装置で、その測定結果から半導体表面の不純物キャリアーの2次元プロファイルを得ることができる。

【0007】

走査型容量顕微鏡の測定原理を以下に説明する。

【0008】

まず、探針による試料表面走査において、不純物キャリアー注入領域を走査する場合、探針／絶縁膜／不純物キャリアーの構成となり、探針下にMOS構造が形成される。その際、絶縁膜／不純物キャリアー間に空乏層が発生し、この空乏層に交流バイアス電圧が印加されると空乏層を挟む容量が変化する。その容量の変化量は不純物キャリアー濃度に依存するので、容量変化量を画像化することに

より、半導体表面における走査領域の2次元キャリアプロファイルを測定することができる。そして、このような走査型容量顕微鏡による測定において前記絶縁膜としては、従来、測定試料の表面に形成される自然酸化膜が用いられるのが一般的である。

【0009】

【特許文献1】

特開平8-189931号公報

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、走査型容量顕微鏡を用いて半導体表面の容量分布を測定する場合、前記したように、通常、静電容量測定に必要な絶縁膜として、半導体試料の表面上に形成される自然酸化膜が用いられている。しかし、自然酸化膜は非常に不安定であり、界面に複雑な表面準位が形成されたり、表面欠陥等が発生するため、半導体表面の静電容量を正確かつ安定に測定することができず、再現性の良いデータが得られないという問題がある。

【0011】

本発明は、そのような問題を解決するためになされたもので、走査型容量顕微鏡を用いて半導体表面の静電容量を正確かつ安定に測定することが可能な静電容量測定方法の提供を目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、導電性探針にて表面検出を行う走査型容量顕微鏡を用いて、半導体表面の静電容量を測定する方法であって、表面処理により半導体試料に清浄表面を形成した後、直ちに、半導体試料を超高真空雰囲気下（例えば $1.33 \times 10^{-7}$  Pa ( $1 \times 10^{-9}$  Torr) オーダの超高真空雰囲気下）または不活性ガス雰囲気下に保持し、この状態で、絶縁膜が表面に形成された導電性探針を用いて、半導体試料表面の静電容量を超高真空雰囲気下または不活性ガス雰囲気下で測定することによって特徴づけられる。

【0013】

本発明によれば、半導体表面の静電容量を測定するのに必要な絶縁膜として、半導体試料表面に形成される不安定な自然酸化膜ではなく、導電性探針の表面に蒸着法等により形成した安定な絶縁膜を用いて測定を行うので、静電容量を正確かつ安定に測定することができる。しかも、超高真空雰囲気下または不活性ガス雰囲気下において測定を行うので、測定中に電界支援などによる酸化膜が半導体試料表面に形成されることもない。

【0014】

なお、本発明において、導電性探針の表面に形成する絶縁膜は、十分な硬度を有し摩耗に強い絶縁材料、例えば、絶縁性ダイヤモンド、DLC (Diamond Like Carbon: ダイヤモンド状カーボン)、アルミナ、酸化ジルコニウムを膜厚5nm以下に蒸着した蒸着膜であることが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【0016】

<実施形態1>

図1は本発明の静電容量測定方法を実施する装置の構成を模式的に示す図である。

【0017】

走査型容量顕微鏡1は、導電性探針2、半導体試料Sを2次元方向に移動する移動ステージ4（駆動源：圧電素子）、容量測定装置5、及び、移動ステージ4上の半導体試料Sと導電性探針2との間に交流バイアス電圧を印加する電源（図示せず）などを備えており、それら導電性探針2及び移動ステージ4などが真空チャンバー6内に配置されている。

【0018】

真空チャンバー6には試料交換口6A及び排気口6Bが設けられている。排気口6Bには、ターボ分子ポンプ8及びロータリーポンプ9を備えた真空排気系7が接続されており、真空チャンバー6内を $1.33 \times 10^{-7}$  Pa ( $1 \times 10^{-9}$  Torr) オーダの超高真空に保つことができる。

## 【0019】

そして、本実施形態に用いる導電性探針2には、絶縁処理により絶縁膜3が表面に形成されている。その絶縁膜3は、市販の導電性探針の表面に、基板温度800℃、圧力2.66kPa(20Torr)、水素ガス99%メタンガス1%雰囲気下でのマイクロ波プラズマCVD法により、絶縁性ダイヤモンドを膜厚5nm以下で蒸着することによって形成されている。

## 【0020】

次に、静電容量の測定方法の具体的な例(実施形態)を以下に説明する。

## 【0021】

(1) 図1の装置において、真空排気系7のターボ分子ポンプ8及びロータリーポンプ9を駆動して、真空チャンバー6内を $1.33 \times 10^{-7}$  Pa ( $1 \times 10^{-9}$  Torr) オーダの超高真空に維持する。

## 【0022】

(2) 研磨及びフッ酸による表面処理により半導体試料Sに清浄表面を形成した後、直ちに、半導体試料Sを試料交換口6Aから真空チャンバー6内に導入することにより清浄な表面状態を保持する。真空チャンバー6内に導入した半導体試料Sは移動ステージ4上に載置する。なお、表面処理にて清浄表面を形成した後の半導体試料Sは、試料交換口6Aへの搬送過程において、なるべく大気に触れさせないようにすることが好ましい。

## 【0023】

ここで、半導体試料Sの表面処理を行った後に、半導体試料Sの表面に自然酸化膜が生成されることが危惧されるが、自然酸化膜の生成は、一般に数時間を要するため、表面処理を行った後に半導体試料Sを速やかに真空チャンバー6内に導入することにより自然酸化膜が生成されることはない。

## 【0024】

(3) 移動ステージ4上の半導体試料Sの表面(清浄表面)に導電性探針2を接触させた状態で、半導体試料Sと導電性探針2との間に交流バイアス電圧を印加し、半導体試料Sと導電性探針2との間の静電容量を容量測定装置5によって測定するとともに、半導体試料Sを移動ステージ4にて2次元的に移動させるこ



とによって、半導体試料 S 表面の静電容量の分布を測定して、半導体試料 S 表面の不純物キャリアーの 2 次元プロファイルを得る。

#### 【0025】

以上のように、本実施形態によれば、静電容量を測定するのに必要な絶縁膜として、半導体試料 S 表面に形成される不安定な自然酸化膜ではなく、導電性探針 2 の表面に蒸着法にて形成した安定な絶縁膜 3（絶縁性ダイヤモンド蒸着膜）を用いて測定を行うので、静電容量を正確にかつ常に安定した状態で測定することができる。しかも、超高真空雰囲気下で静電容量の測定が行われるので、測定中に電界支援などによる酸化膜が半導体試料 S の表面に形成されることがない。

#### 【0026】

##### <実施形態 2>

この実施形態では、市販の導電性探針の表面に、基板温度 200℃、原料としてベンゼンを用いた熱フィラメント CVD 法により DLC を蒸着したもの、つまり絶縁膜として DLC 蒸着膜（膜厚 5 nm 以下）が表面に形成された導電性探針を使用して、超高真空雰囲気下で静電容量の測定を行う点に特徴がある。なお、その他の構成は上記した<実施形態 1>と同じである。

#### 【0027】

この実施形態においても、静電容量を測定するのに必要な絶縁膜として、不安定な自然酸化膜ではなく、導電性探針の表面に蒸着法により形成した安定な絶縁膜（DLC 蒸着膜）を用いて測定を行うので、静電容量を正確にかつ常に安定した状態で測定することができる。

#### 【0028】

##### <実施形態 3>

この実施形態では、市販の導電性探針の表面に、基板温度 500℃でのプラズマ CVD 法によりアルミナを蒸着したもの、つまり絶縁膜としてアルミナ蒸着膜（膜厚 5 nm 以下）が表面に形成された導電性探針を使用して静電容量の測定を行う点に特徴がある。なお、その他の構成は上記した<実施形態 1>と同じである。

#### 【0029】

この実施形態においても、静電容量を測定するのに必要な絶縁膜として、不安定な自然酸化膜ではなく、導電性探針の表面に蒸着法にて形成した安定な絶縁膜（アルミナ蒸着膜）を用いて測定を行うので、静電容量を正確にかつ常に安定した状態で測定することができる。

## 【0030】

## ＜実施形態4＞

この実施形態では、市販の導電性探針の表面に、MOCVD法により酸化ジルコニウムを蒸着したもの、つまり絶縁膜として酸化ジルコニウム蒸着膜（膜厚5nm以下）が表面に形成された導電性探針を使用して、超高真空雰囲気下で静電容量の測定を行う点に特徴がある。なお、その他の構成は上記した＜実施形態1＞と同じである。

## 【0031】

この実施形態においても、静電容量を測定するのに必要な絶縁膜として、不安定な自然酸化膜ではなく、導電性探針の表面に蒸着法により形成した安定な絶縁膜（酸化ジルコニウム蒸着膜）を用いて測定を行うので、静電容量を正確にかつ常に安定した状態で測定することができる。

## 【0032】

なお、以上の各実施形態では、超高真空雰囲気下で測定を行っているが、本発明はこれに限られず、半導体試料の表面に自然酸化膜が生成されない不活性ガス雰囲気下で静電容量の測定を行うようにしてもよい、

## 【0033】

## 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、走査型容量顕微鏡による静電容量の測定方法において、表面処理により半導体試料に清浄表面を形成した後、直ちに半導体試料を超高真空雰囲気下または不活性ガス雰囲気下に保持し、この状態で、安定な絶縁膜が表面に形成された導電性探針を用いて、半導体試料表面の静電容量を超高真空雰囲気下または不活性ガス雰囲気下で測定するので、半導体表面のドーピング分布図を正確にかつ安定して得ることが可能になる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の静電容量測定方法を実施する装置の構成を模式的に示す図である。

【図 2】

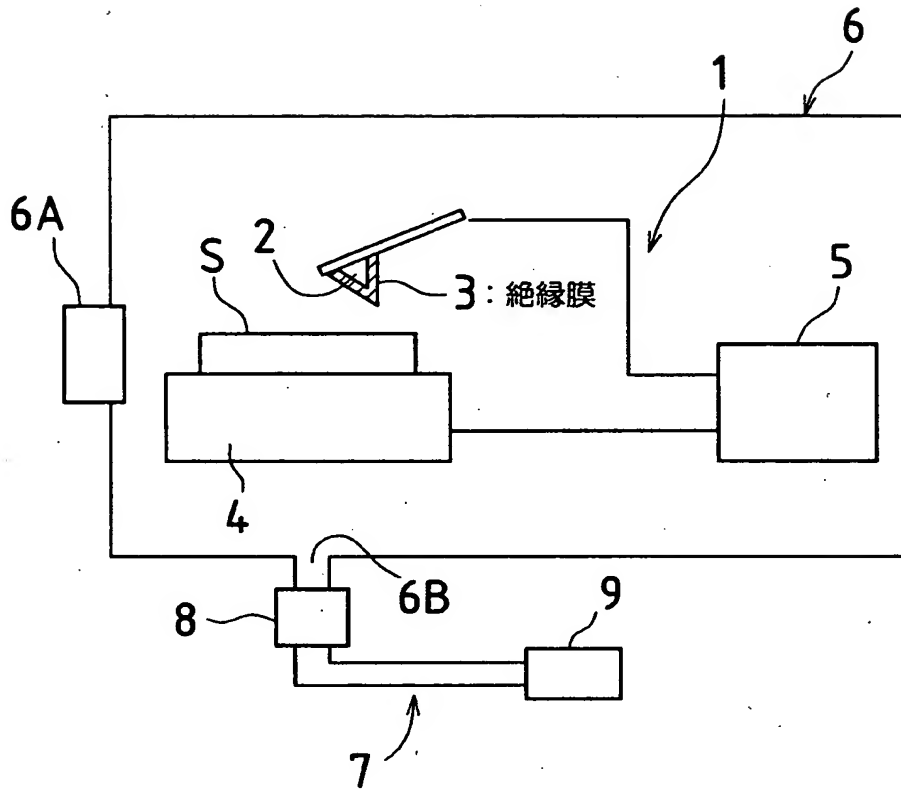
走査型容量顕微鏡の構成を模式的に示す図である。

【符号の説明】

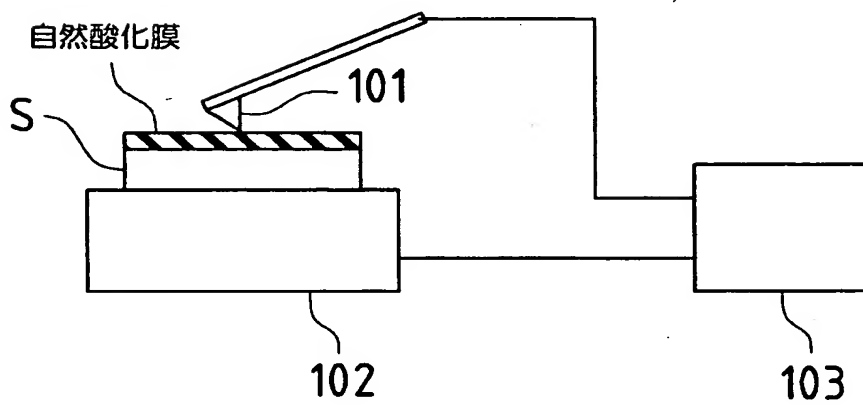
- 1 走査型容量顕微鏡
- 2 導電性探針
- 3 絶縁膜
- 4 移動ステージ
- 5 容量測定装置
- 6 真空チャンバー
- 6 A 試料交換口
- 6 B 排気口
- 7 真空排気系
- 8 ターボ分子ポンプ
- 9 ロータリーポンプ
- S 半導体試料

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体表面の静電容量を正確かつ安定して測定する。

【解決手段】 導電性探針 2 にて表面検出を行う走査型容量顕微鏡 1 を用いて半導体試料表面の静電容量を測定する測定方法において、表面処理により半導体試料 S に清浄表面を形成した後、直ちに、半導体試料 S を超高真空雰囲気下（または不活性ガス雰囲気下）に保持し、この状態で、安定な絶縁膜 3（例えば絶縁性ダイヤモンド蒸着膜）が表面に形成された導電性探針 2 を用いて、半導体試料 S 表面の静電容量を超高真空雰囲気下（または不活性ガス雰囲気下）で測定する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社